Herrn Dr. Blankenhorn
freundschaftlichst
vom Verfasser

Über das

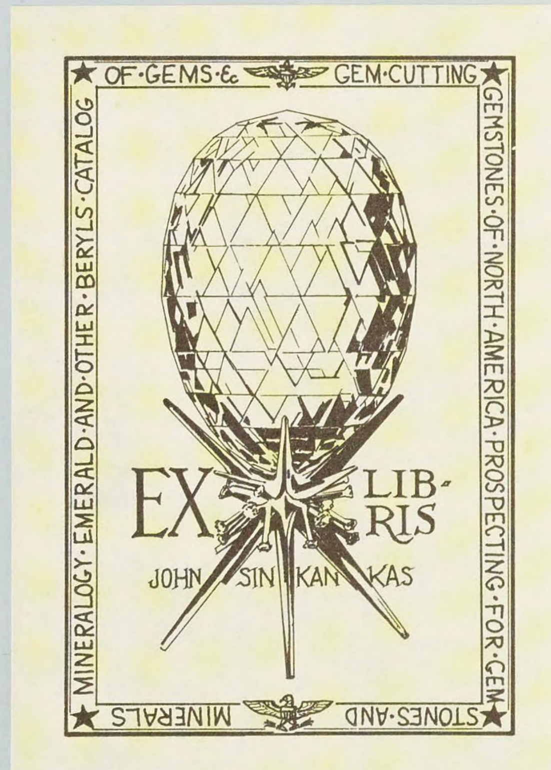
optische Verhalten und die Mikrostructur
des
Korund.

Von

A. von Lasaulx.

Mit Taf. XII.

(Separat-Abdruck aus: „Zeitschrift für Krystallographie etc.“ X. 4.
Leipzig, Wilhelm Engelmann 1885.)


OF·GEMS·&c GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIBRIS
JOHN SIN KAN KAS

XXI. Ueber das optische Verhalten und die Mikrostructur des Korund.

Von

A. von Lasaulx in Bonn.

(Mit Taf. XII.)

Zuerst hat wohl Des Cloizeaux*) die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dass basische Platten von Korund im Polarisationsapparate beim Drehen des Präparates ein sich öffnendes Kreuz, demnach ein Interferenzbild zeigen, wie es sonst nur optisch zweiaxigen Krystallen zukommt. Das Auseinandergehen der Kreuzbalken entsprach drei Theilstrichen des Mikrometers, was etwa einen Winkel der optischen Axen von 12^{0} in Luft betragen würde**).

Später beobachtete auch Mallard***) dieselbe Erscheinung an Korundplatten. Da er in den verschiedenen Theilen eines basischen Schnittes eine andere Lage der aus der Oeffnung der Kreuzbalken sich ergebenden optischen Axenebene fand, welche der Annahme von sechs zweiaxigen Sectoren entsprach, so deutete er die Korundkrystalle als Drillinge rhombischer Einzelindividuen, etwa nach dem Typus des Aragonit.

Weitere, etwas genauere Angaben über das optische Verhalten von Korundkrystallen hat dann G. Tschermak gemacht†).

An kleinen Krystallen von Ceylon, an denen er auch äusserlich eine monokline, glimmerähnliche Flächenausbildung zu finden glaubte, constatirte er ebenfalls optische Zweiaxigkeit. Die Ebene der optischen Axen lag senkrecht zur Symmetrieebene oder also zu den Combinationskanten

---

*) Nouvelles recherches p. 12.

) Bertrand, Bullet. Soc. min. de France 1878, **1, 95.

***) Explications des phénomènes optiques anomaux etc. Ann. des mines **10**, 1876. Diese Zeitschr. **1**, 309.

†) Tschermak's Mittheilungen 1878, **1**, 362. Diese Zeitschr. **4**, 224.

$0R : \infty P2$ im basischen Schnitt nach der gewöhnlichen Annahme. Der Winkel der optischen Axen für Natriumlicht wurde zu $10^0\ 28'$ gefunden.

Aber in denselben Krystallen fand Tschermak auch einaxige Stellen und zwar liegen diese nach ihm gewöhnlich in der Mitte der Krystalle. Im parallelen polarisirten Lichte erkennt man nach ihm im Innern des Krystalls ein feines Gewirre von Theilchen, wie das auch schon Mallard angab; nach aussen hin scheint der Krystall ziemlich homogen zweiaxig.

Auch im blauen Korund von Kischtym im Ural fand Tschermak in ähnlicher Weise bald ein verwaschenes Kreuz, bald aber die Erscheinung zweiaxiger Körper. Die Orientirung in jedem der drei Sectoren entspricht den am Korund von Ceylon beobachteten.

Am Korund von Barsowska zeigte sich eine Einschaltung zweiaxiger Partikel zwischen den einaxigen. Die zweiaxigen sind optisch ebenso orientirt, wie in dem vorgenannten Korund und ihre Lage entspricht wieder einer regelmässigen Drillingsverwachsung, wie sie auch Mallard annahm. Tschermak glaubte jedoch aus seinen Beobachtungen für die Einzelindividuen im Korund ein monoklines Krystallsystem annehmen zu dürfen.

Ob die Beobachtungen Tschermak's an vollkommenen geschliffenen Krystallplatten oder nur an Blättchen und Bruchstücken gemacht wurden, die nach der basischen Ablösung gewonnen waren und daher nicht den ganzen Krystallquerschnitt gleichzeitig darboten, ist nicht aus seinen Angaben zu entnehmen. Jedenfalls ist es auffallend, dass Tschermak der Zwillingslamellen nach R, wie sie in den Korundkrystallen eingeschaltet auftreten und sich optisch ganz besonders bemerklich machen, bei der Beschreibung des optischen Verhaltens der von ihm untersuchten Korundkrystalle mit keinem Worte Erwähnung thut.

Und doch sind gerade diese für die Deutung der vorliegenden optischen Phänomene schon dadurch auf den ersten Blick als wichtig zu erkennen, dass die Erscheinungen der Zweiaxigkeit vornehmlich mit ihnen verknüpft zu sein scheinen, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

Wenn aber Tschermak keine ganzen Querschnitte und Dünnschliffe zur Untersuchung verwendete, sondern etwa nur Spaltsplitter, so konnte ihm diese Erscheinung freilich entgehen. Wir haben darauf später noch ausführlicher zurückzukommen.

An Rubinkrystallen aus der Provinz Battambang hat endlich auch E. Bertrand*) die Erscheinung der Zweiaxigkeit erkannt. Er fand, dass die Oeffnung der Kreuzbalken des Interferenzbildes sehr variabel sei, von einer einfachen Dislocation des Kreuzes bis zu einem scheinbaren Axenwinkel von 58^0 in Luft.

*) Bull. Soc. min. de France 1878, **1**, 95. Diese Zeitschr. **3**, 642.

Schon bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über das optische Verhalten des Rutil *) hatten es mir vergleichende Betrachtungen an Korundschliffen wahrscheinlich gemacht, dass wenigstens ein Theil der optischen Anomalien auch beim Korund mit der Zwillingslamellirung nach *R* im engsten Zusammenhange stehe und daher vielleicht eine analoge Deutung erfahren müsse, wie jene Erscheinungen beim Rutil.

Erst nachdem ich ausreichendes Material in geeigneten Schnitten und Dünnschliffen senkrecht und parallel zur Verticalaxe des Korund gesammelt hatte, gelang es mir, einen klaren Einblick in die obwaltenden Verhältnisse zu gewinnen.

Ganz besonders bin ich für die Herstellung einer Reihe ausgezeichneter Präparate von Korundkrystallen Herrn Voigt und Hochgesang in Göttingen zu Danke verpflichtet. Bei der Schwierigkeit, das harte und doch spröde und rissige Material zu Dünnschliffen zu verarbeiten, verdient die höchst geschickte und genaue Ausführung der orientirten Dünnschliffe gewiss doppelte Anerkennung.

Zur Untersuchung kamen Korundkrystalle von folgenden Fundorten: Laacher See, Limperich bei Bonn, Wolfshau im Riesengebirge, Ceylon, Miask, Madras, Pegu, Mozzo in Piemont und Buncombe Co., Nord-Carolina.

Die Verschiedenartigkeit der einzelnen untersuchten Krystalle ist eine hinlänglich grosse, um zunächst eine Einzelbeschreibung der an ihnen beobachteten Erscheinungen zu rechtfertigen.

Korund vom Laacher See. Derselbe bildet kleine, nur wenige Millimeter höchstens breite und äusserst dünne Täfelchen der Combination: $0R . \infty P2 . R$, von bläulicher, stellenweise blassröthlicher und violetter Färbung in unregelmässig, fleckiger Vertheilung. Viele Täfelchen sind so dünn, dass ein weiteres Schleifen derselben nicht nöthig war. In denselben zeigen sich schon makroskopisch deutlich Risse normal zu den Seiten des Hexagons. Beim Durchbrechen der Täfelchen zeigt sich eine deutliche, einer Spaltbarkeit vollkommen gleichende Ablösung nach der Fläche des Hauptrhomboëders. Unter dem Mikroskop tritt zunächst deutlich der schalenförmige Bau der Krystalle hervor. Die einzelnen Schalen, oft viele übereinandergeschoben, sind immer begrenzt durch die Flächen des Hauptrhomboëders und der Basis.

In einigen Krystallen ist die Gestalt der einzelnen Schalen eine recht regelmässige und ihre gleichseitig dreieckigen Conturen treten scharf hervor (Fig. 1). In anderen Krystallen dagegen nehmen sie einen mehr unregelmässigen Verlauf, aber ihre Begrenzungsflächen sind stets als schräge und nicht normal zur Basis liegende Flächen zu erkennen und stehen senkrecht zu den Kanten $0R : \infty P2$ (Fig. 2). Dadurch erscheint auf der Basis

*) Diese Zeitschr. 1883, 8, 54.

eine Streifung, die den Eindruck einer Theilung in sechs Sectoren hervorbringt, wie sie auch Tschermak an dem blauen Korund von Kischtym beschreibt. Von einer Zwillingsverwachsung ist dabei natürlich nicht die Rede.

Die äusseren Krystallflächen des Hauptrhomboëders sind oft mit einem rostrothen Ueberzuge von Eisenoxyd bedeckt. Ebenso erscheint derselbe auf einzelnen Fugen zwischen den rhomboëdrischen Schalen. Diese erhalten dann das Aussehen langer, rother, beiderseitig zugespitzter Leisten (Fig. 1, bei *a*), wenn sehr schmal, feinster rother Nädelchen. Aber es lässt sich doch stets erkennen, dass es nur von Eisenoxyd überkleidete Fugen, also erfüllte Interstizien sind und nicht wirkliche Interpositionen. Auf dem schaligen Bau nach R und den zahlreichen Interstizien zwischen den einzelnen Schalen beruht auch ein sehr schöner Asterismus, den diese kleinen Täfelchen zeigen. Die Verzerrung des Lichtbildes erfolgt normal zu den Schalenfugen, die Lichtstrahlen um die Flamme liegen daher parallel zu den Kanten $0R : \infty P2$ oder den Seiten der kleinen Hexagone.

Zwillingslamellen nach R sind nicht vorhanden. Die Spaltfugen nach R und senkrecht zu $\infty P2$ erscheinen unter gekreuzten Nicols durch die reflectorische Wirkung der Schalen, die mit der durch Drehung des Präparates sich ändernde Lage jener zur Ebene des polarisirten Strahles eine andere Intensität des Reflexes bedingt, auf den ersten Blick fast wie Zwillingslamellen. Dass sie es nicht sind, ist daran zuversichtlich zu erkennen, dass sie thatsächlich keine abweichende optische Orientirung aufweisen. Ueberall zeigt sich das fast ganz ungestörte einaxige Interferenzbild. Nur wenn Einschlüsse oder Spaltfugen im Gesichtsfelde liegen, erscheint das Bild verzerrt, aber eine eigentliche Anomalie, ein Oeffnen der Kreuzbalken bei einer Drehung der basischen Platte ist nirgendwo wahrzunehmen.

Im parallelen polarisirten Lichte erscheinen diese Korundtäfelchen unter gekreuzten Nicols nicht ganz dunkel, sogar ziemlich hell, aber sie zeigen bei einer Drehung in der Ebene des Präparates keinerlei Wechsel in der Lichtintensität. An dieser Erscheinung dürften wohl am wahrscheinlichsten ebenfalls die zahlreichen, im Schalenbau bedingten inneren Reflexe betheiligt sein. Das vollkommen einaxige Verhalten schliesst die Annahme conischer Refraction aus.

Da in den vorliegenden Korundtäfelchen die einer Spaltbarkeit ähnliche Ablösung nach der Fläche R sehr deutlich ist, dagegen Zwillingslamellen nach R gänzlich fehlen, so erhalten wir darin den Beweis dafür, dass jedenfalls die rhomboëdrische Ablösung nicht nothwendig durch Zwillingslamellen bedingt ist, sondern auch ohne dieselben, wie dieses hier und in ferneren Beispielen deutlich zu erkennen ist, in Folge eines schalenförmigen Aufbaues der Krystalle nach R und $0R$ aufzutreten vermag. Die Ablösung nach der basischen Fläche ist die Folge dieses selben Baues. Sind

hiernach diese Ablösungsflächen nur als tectonische oder als Structurflächen zu bezeichnen, so zeigen sich, wie dieses an den folgenden Beispielen zu erörtern sein wird, doch unzweifelhaft Beziehungen derselben auch zu den Zwillingslamellen, Beziehungen, auf welche übrigens schon O. Mügge in seiner interessanten Arbeit über die Structurflächen des Kalkspathes etc.*) andeutungsweise auch für den Korund hingewiesen hat.

Erwähnenswerth, wenn auch für vorliegende Betrachtungen nur nebensächlich, sind die zahllosen Glaseinschlüsse, welche die Korundtäfelchen von Laach enthalten. Grösser und kleiner liegen sie in einigen derselben, besonders nach der Peripherie dicht gehäuft beisammen. Viele zeigen die sechsseitigen Conturen des Korund, andere sind ganz unregelmässig gestaltet. Die meisten enthalten eine oder mehrere fixe Libellen, manche davon eine grössere Zahl, oft in auffallend kranzförmiger Anordnung nach dem Rande des Glaseinschlusses zu (Fig. 3). Die Libellen sind dabei oft elliptisch gestreckt und manchmal paarweise mit einander verbunden (Fig. 3 *a*), ihre Längsaxe steht senkrecht auf den Conturen des Glaseinschlusses. Manche Formen stimmen mit denen überein, die von Chrustschoff als secundäre Glaseinschlüsse in Gemengtheilen gefritteter Gesteine beschrieben hat**).

Ausserdem finden sich von anderen Interpositionen in diesem Korund: rundliche, farblose, lebhaft buntfarbig polarisirende Körner von Zirkon, braune, deutlich pleochroitische, aber nur wenig durchsichtige, abgerundete, kurze Prismen von Hornblende, sechsseitige rostrothe Täfelchen von Hämatit und endlich winzige, farblose, aber lebhaft polarisirende Blättchen von Glimmer, einfach sechsseitige Täfelchen, aber auch Zwillinge und Drillinge, mit einer Auslöschungsdifferenz von 60^0 zwischen den einzelnen Theilen (Fig. 4). Die letzteren finden sich in ziemlicher Verbreitung auch in den Korundkrystallen anderer Vorkommen.

Korund von Limperich gegenüber Bonn. Der in Basalt eingewachsene, ziemlich tiefblau gefärbte Sapphir zeigt die Combination $0R \,.\, \infty P2$. Der basische Schliff zeigt eine auffallend rauhe Beschaffenheit der Oberfläche und eine ganz unregelmässig fleckige Vertheilung blauer, gelblicher und fast farbloser Stellen im Innern. Weder nach $0R$, noch nach R ist eine deutliche Ablösung wahrzunehmen; die im Dünnschliffe sichtbaren Risse haben einen durchaus unregelmässigen, bogenförmigen Verlauf. Auch von schalenförmigem, zonalem Bau ist nichts zu sehen. Dagegen erscheinen an einer Ecke des Querschnittes Zwillingslamellen: wenige, äusserst schmale und kurze, unter gekreuzten Nicols bei diagonaler Stellung ihrer Längsaxe zu den Nicolhauptschnitten lebhaft hell hervortretende

*) Neues Jahrb. für Min. 1883, **1**, 32. Diese Zeitschr. **9**, 201.

) Tschermak's Mittheilungen **4, 473.

Streifen, deren Auslöschungsrichtung zur Längsaxe parallel und senkrecht liegt. Hier sind dieselben zu schmal, um ihr optisches Verhalten im convergenten polarisirten Lichte genauer zu bestimmen. Die ganze übrige Fläche des Schnittes zeigt ein vollkommen regelmässiges und ungestörtes einaxiges Interferenzbild. Nur wenn bei Anwendung eines sehr starken Objectivs eine Zwillingslamelle in diagonaler Lage über die Mitte des Gesichtsfeldes geschoben wird, zeigen sich die Kreuzbalken zu zwei Hyperbeln auseinandergezogen, gerade nur in dem sehr schmalen Streifen, den die Lamelle einnimmt. Die Ebene der optischen Axen, auf welche man hiernach schliessen müsste, liegt in allen Lamellen ohne Ausnahme in der Längsrichtung; die zwischen den Zwillingslamellen liegenden Streifen sind vollkommen einaxig.

Bemerkenswerthe Einschlüsse enthält dieser Korund nicht; wenige kleine Glaseinschlüsse mit fixer Libelle und ein unregelmässig vertheilter, aus braunen und schwarzen Partikelchen bestehender Staub. Zwischen der braunen, glasreichen Basaltmasse, welche den Korund einschliesst, und der blauen, durchsichtigen Masse dieses letzteren schiebt sich eine bald breitere, bald schmälere schwarze, nur wenig violett durchscheinende Zone ein, die sich an sehr dünnen Stellen als ein dichtes Aggregat violetter, isotroper Oktaëderchen zu erkennen giebt. An einer Stelle reichen diese auch in kleinen Gruppen und als einzelne scharf geformte Kryställchen in den Korund selbst hinein. Der Farbe nach erinnern sie durchaus an den Zinkspinell, wie ihn Schulze und Stelzner als Hüttenproduct in der verglasten Masse der Thonmuffeln fanden und beschrieben*). Hier ist freilich wohl kaum an einen Zinkgehalt zu denken; die Farbe mag durch eine Mischung von FeO und MnO entstanden sein.

Diese Spinellzone um den Korund ist wie die Zone von Eisenspinell oder Magnetit um manche Hornblende, um Olivin u. a. in Basalten die Folge einer partiellen Wiedereinschmelzung und Auflösung des jedenfalls zu den frühesten Ausscheidungen des Magmas zu rechnenden Korund.

Korund von Wolfshau im Riesengebirge. Schön blauer Krystall der Combination $0R . \infty P2$ von circa 7 mm Durchmesser im Granit. Er ist von einer fast ebenso breiten Zone von pegmatitisch verwachsenem Orthoklas und Quarz nebst radial angeordneten hellen Glimmerblättchen umgeben, für welche der Korund als Structurcentrum gewirkt hat. Die basische Ablösung ist ziemlich deutlich. Im basischen Schnitt treten zahlreiche, ziemlich scharf und geradlinig verlaufende Risse hervor, welche sowohl den Seiten des Hexagons, also den Kanten $0R : \infty P2$ parallel, als auch senkrecht dazu, d. i. also parallel den Kanten $0R : R$ verlaufen. So werden sowohl rechteckige Spaltstücke, als auch rhombenförmige (120°)

*) Neues Jahrb. für Min. 1881, **1**, 120. Diese Zeitschr. **7**, 602.

gebildet. Die Spaltbarkeit nach *R* erscheint etwas vollkommener und daher die ihr angehörigen Risse häufiger und regelmässiger.

Andeutungen eines schalenförmigen, zonalen Baues sind nicht wahrzunehmen; Zwillingslamellen sind nicht vorhanden.

An allen Stellen, wo die Korundsubstanz frisch und unverändert ist, erscheint das ungestörte einaxige Interferenzbild.

In Folge einer beginnenden Umwandlung wird der Korund an einigen Stellen faserig, blätterig. Er scheint in hellen Glimmer überzugehen. Solche Stellen erscheinen unter gekreuzten Nicols im basischen Schnitt als lebhaft bunt polarisirende Streifen. Schon mit dem Beginne der Umwandlung scheint eine molekulare Umlagerung in der Korundsubstanz sich zu vollziehen. Aber diese im basischen Schnitte doppeltbrechenden Stellen zeigen immer nur Aggregatpolarisation; ein Interferenzbild ist im convergenten Lichte nirgendwo zu erhalten.

Korund von Ceylon. Farbloser, dicktafelförmiger Krystall der Combination $0R \,.\, \infty P2$ von circa 1 cm Durchmesser. Ablösung nach $0R$ deutlich, nach *R* nicht wahrzunehmen. Der basische Schnitt liess sich sehr dünn herstellen und ist vollkommen durchsichtig. Er zeigt schon makroskopisch zonale Structur, indem parallel der sechsseitigen Umgrenzung, also den Kanten $0R : \infty P2$, abwechselnd lichtbräunliche und farblos klare Zonen sich umhüllen (Fig. 5 *a*). Diese Zonen liegen also anders, als bei dem Korund von Laach, wo die einzelnen Streifen senkrecht zu den Seiten des Hexagons liegen. Sie sind begrenzt von Flächen $0R$ und $\infty P2$ und hierdurch erklärt sich, warum eine Ablösung nach der Basis, aber keine solche nach dem Rhomboëder vorhanden ist.

Die einzelnen parallelen Lagen der nach $\infty P2$ übereinander gefügten Schalen sind so fein, dass sie wie ein feines Gitter im basischen Schliffe wirken und die bekannte Beugungserscheinung, wie sie auch die Nobertschen Glasplatten zeigen, hier einen blauen Farbenschiller im reflectirten und durchfallenden Lichte, hervorrufen. Der Abstand der einzelnen Linien des durch die dünnen Schalen hervorgerufenen Gitters werden, da es mit blauer Farbe erscheint, einen Abstand von kaum circa 0,0024 mm haben müssen. Wahrnehmen lassen sich die einzelnen Fugen indessen auch bei starker Vergrösserung nicht. Dass die Trennungsfugen senkrecht zur Basis und demnach wirklich parallel $\infty P2$ liegen, dient dafür zur Erklärung und wird auch durch die Erscheinung selbst erwiesen. Den blauen Schiller zeigen immer nur die bräunlichen Zonen, während die farblosen, klaren davon frei sind.

Die bräunliche Färbung ist bedingt durch zahllose, überaus feine, haarförmige, braune Striche, welche alle parallel den Seiten des Hexagons, d. i. also parallel den Schalenflächen liegen. Sie bilden ein zierliches Netzwerk von Fäden, die sich unter 120° resp. 60° kreuzen. Offen-

bar dieselben braunen Nädelchen fand auch Tschermak*) im Korund von Ceylon. Er glaubte dieselben für Rutil halten zu dürfen.

Nach der Beobachtung der grösseren mit Eisenoxyd bekleideten Schaleninterstizien im Korund von Laach (Fig. 1) und in dem noch zu beschreibenden Korund von Miask (Fig. 10) u. a. möchte ich dieselben aber nur für kleine, mit einer braunen Substanz erfüllte Risse parallel den Structurflächen, hier nach $\infty P2$, in den anderen Fällen nach R halten. An dem vorliegenden Krystalle lässt sich freilich der Beweis dafür nicht sicher erbringen. Wohl aber ist dieses bei dem Korund von Miask möglich. Die Uebereinstimmung der Nädelchen in beiden Krystallen ist aber, von ihrer verschiedenen Lage abgesehen, eine vollkommene.

Der auffallend schöne Asterismus, welchen auch dieser Korund zeigt, ist durch diese feinen Risse parallel $\infty P2$ bedingt. Die Verzerrung des Lichtbildes erfolgt normal zu den deformirenden Rissen, die Strahlen des Lichtsternes um die Flamme stehen senkrecht zu $\infty P2$.

Die Anordnung der abwechselnd bräunlichen und farblosen Zonen zeigt noch eine andere Eigenthümlichkeit. Die einzelnen verschiedenfarbigen Streifen grenzen sich nicht in einer dem Radius des Sechsecks entsprechenden Linie ab, der Halbirenden des Winkels, indem sie aneinanderstossen, sondern greifen von dem einen Sextanten in den anderen hinüber, wie es Fig. 5 *b* darstellt, so dass die Begrenzung treppenförmig hin- und hergeht. Das ist nicht wohl vereinbar mit der Annahme einer Zwillingsgrenze zwischen den einzelnen Sectoren.

Der basische Schnitt zeigt durchaus keine eingeschalteten Zwillingslamellen nach R. Ueberall zeigt sich das normale einaxige Interferenzbild. Nur in einigen der Parallelzonen zeigt sich im parallelen polarisirten Lichte ein Wechsel von Helligkeit und Dunkelheit (letztere stets, wenn die Längsrichtung der Streifen parallel einem Nicolhauptschnitte). Solche Streifen zeigen auch eine schwache Dislocirung der Kreuzbalken des Interferenzbildes, jedoch nur so schwach, dass an eine auch nur annähernde Bestimmung des Winkels der optischen Axen nicht zu denken ist. Es ist eine Verschiebung der beiden Hyperbeln eben wahrzunehmen. Die Ebene der optischen Axen, auf welche diese schliessen lässt, liegt überall normal zur Basis und in der Längsrichtung der Zonen, d. i. also parallel der Kante $0R : \infty P2$. Das ergiebt in den verschiedenen Theilen der basischen Platte eine Anordnung, wie sie Tschermak vom Korund von Ceylon beschreibt und daraus eine Drillingsverwachsung nach dem Glimmertypus folgert. Eine solche liegt aber hier nicht vor. Es steht die Erscheinung der geringen optischen Zweiaxigkeit der einzelnen Zonen in unverkennbarem Zusammenhange mit dem sichtbaren Schalenbau nach $\infty P2$.

---

*) l. c. S. 363.

Auf diesen Zusammenhang optischer Anomalien mit zonalem Bau der Krystalle haben mancherlei andere Untersuchungen auch schon früher verwiesen, so verschiedene Arbeiten über die doppelbrechenden Granaten (Wichmann, von Lasaulx, ganz besonders aber C. Klein) und noch neuerdings die Arbeit von R. Brauns »Beobachtungen zur Beurtheilung optisch anomaler Krystalle«[*]).

Im vorliegenden Falle vermag man sich die Vorgänge, welche in den einzelnen Zonen zur Ausbildung optisch zweiaxigen Verhaltens führten, einigermassen klar zu machen. Im Korund, als einem optisch negativen Krystall, ist die Verticalaxe die Axe der grössten Elasticiät $\mathfrak{a}$. Normal dazu, also in der Basis, liegt die Richtung der kleinsten Elasticität $\mathfrak{c}$, senkrecht zu c nach allen Seiten gleich. In den einzelnen Platten parallel $\infty P2$, in welche der Krystall zerfällt, liegt, wie die Beobachtung zeigt, die Ebene der optiscben Axen, wenn eine solche Platte zweiaxig geworden, stets der Längsrichtung der Schalen, also ebenfalls $\infty P2$ parallel. In dieser Richtung, senkrecht zur grössten Elasticität $\mathfrak{a}$, liegt nun die kleinste Elasticität $\mathfrak{c}$, senkrecht zu beiden die optische Normale oder die Richtung der mittleren Elasticität $\mathfrak{b}$. Der Unterschied der im basischen Schnitt doppelbrechend erscheinenden zweiaxigen, aber ebenfalls optisch negativen Schalen, gegenüber den einaxigen, beruht also darin, dass die in letzteren auf einander senkrechten Richtungen gleicher und kleinster Elasticität nun so differenzirt sind, dass die eine $\mathfrak{c} < \mathfrak{b}$. Es muss also nothwendig, da nun in $\mathfrak{b}$ mit der grösseren Elasticität eine grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit obwaltet, in dieser Richtung eine Compression oder in der Richtung $\mathfrak{c}$ eine Dilatation stattgefunden haben. Die Erscheinungen sind also im Wesentlichen ganz die gleichen, wie sie von W. Klein[**]) in seiner Arbeit »Beiträge zur Kenntniss der optischen Aenderungen in Krystallen unter dem Einflusse der Erwärmung« künstlich herbeigeführt und erörtert worden sind. Solche Aenderungen mit dem Wachsthum schalenförmig gebauter Krystalle in ursächlichen Zusammenhang zu bringen, ist nicht so schwierig.

Der Wechsel in den einzelnen Lagen, der sich übrigens auch in anderer Färbung und Beschaffenheit ausspricht, muss nothwendig auch in etwas anderen Bedingungen des Wachsthums begründet sein. Die Schnelligkeit und die Gleichmässigkeit des Wachsthums sind verschieden in den verschiedenen Stellen des Krystalls und hieraus resultiren rein mechanische Einwirkungen.

Dass die einzelnen Zonen schneller wachsen, als die benachbarten, das zeigen auch die in Fig. 5 *b* dargestellten hinüber- und herübergreifenden Begrenzungen der einzelnen Schalen.

---

[*]) Neues Jahrb. für Min. 1885, Heft 1.

[**]) Diese Zeitschr. 1884, **9**, 38.

Dass aber thatsächlich solche lediglich als mechanisch zu bezeichnenden Einflüsse im Wachsthum eines Krystalls ganz analoge optische Anomalien hervorbringen, das zeigt sich sehr schön in demselben Korundkrystall von Ceylon.

Derselbe umschliesst einen Krystall von Zirkon mit ziemlich scharfem Contour, der auf die Combination von Pyramide und Prisma verweist. Der Krystall ist so eingewachsen, dass seine Hauptaxe parallel gerichtet ist der Kante $0R : \infty P2$ am Korund (Fig. 6). Der Zirkonkrystall ist die mechanische Ursache, dass an dieser einzigen Stelle im Korundkrystall die Spaltbarkeit sichtbar wird. Von dem Zirkonkrystall aus verlaufen Risse, von denen zwei einen Winkel von 60° mit einander einschliessen und parallel gehen der Kante $0R : \infty P2$, ein dritter Riss steht senkrecht auf dem einen der beiden anderen (Fig. 6). Dieser entspricht also der hier sehr versteckten rhomboëdrischen Ablösung. Unter gekreuzten Nicols nimmt man um den Zirkonkrystall ein dunkles Kreuz wahr, welches an den Ort geknüpft ist, also ganz analog der Erscheinung solcher Kreuze in gepressten Gläsern. Bei einer Drehung des Präparates bleibt das Kreuz natürlich stehen. Die zwischen den dunklen Balken liegenden Felder erscheinen hell und geben im convergenten Lichte das zweiaxige Interferenzbild. Die Oeffnung der Hyperbeln ist eine ziemlich beträchtliche und entspricht im Maximum einem scheinbaren Axenwinkel von 18—20° im gewöhnlichen Lichte. Die Ebene der optischen Axen steht in allen Theilen normal zu einer Senkrechten auf dem Contour des Zirkonkrystalls (Fig. 6). Je näher am Zirkon, um so grösser ist die Oeffnung der Hyperbelbalken oder der scheinbare Axenwinkel. Verschiebt man das Präparat in der Richtung einer Normalen zur Axenebene, so nimmt der Axenwinkel mit der Entfernung vom Zirkon ab und das Interferenzbild wird ganz allmählich ein einaxiges. Auch hier ist also eine Compression in der Richtung der Normalen zum Zirkoncontour die Ursache der Erscheinung. Es findet diese vielleicht in dem Umstande ihre Erklärung, dass die einzelnen Krystallmoleküle, um den Raum, den in ihrem System der Zirkonkrystall einnimmt, wieder zu compensiren, nothwendig eine Verdichtung erleiden mussten, wenn die regelmässige Lagerung des ganzen Molekularsystemes nicht gestört werden sollte. Dass aber hier die Ursache der optischen Anomalie eine rein mechanische ist, erscheint unzweifelhaft.

Hierin ist vielleicht auch ein Hinweis für das Verständniss der beim Schalenbau in einzelnen Schalen normal zu ihrer Fläche eintretenden Compressionen gegeben. Die kleinen Interstitien, welche zwischen den einzelnen Schalen, deutlich diese trennend vorhanden sind, müssen, so unbedeutend sie sind, doch ebenfalls compensirt werden, wenn sie nicht in allen Schalensystemen gleichmässig durch das Wachsthum entstehen. Diese Compensirung erfolgt durch Verdichtung normal zu den Schalen und daher

in diesen Zweiaxigkeit. Je gleichmässiger der Bau, je weniger durch Structurflächen bedingte Interstitien vorhanden sind, um so normaler ist das optische Verhalten.

Dass in dem vorliegenden Krystalle von Ceylon keine Zwillingslamellen nach *R* erscheinen, steht im Einklange mit dem Umstande, dass auch die Structurfläche nach *R* in diesem Krystalle sich kaum bemerkbar macht.

Der Krystall enthält an Einschlüssen nur zahlreiche winzige Blättchen von Glimmer, einfache und verzwillingte kleine Täfelchen, ganz denen gleichend, die im Korund von Laach angeführt wurden (Fig. 4).

Korund von Miask. Von Krystallen dieses Vorkommens wurden zwei zur Herstellung von Schliffen nach $0R$, $\infty P2$ und *R* verwendet.

Der erste Krystall, über zollgross, zeigt die Combination $0R \,.\, \infty P2$ mit tonnenähnlicher Abrundung nach spitzen Deuteropyramiden. Sowohl die basische als auch die rhomboëdrische Ablösung sind deutlich. Auf der Basis ist eine Streifung durch eingeschaltete Zwillingslamellen sichtbar. Ausser dem basischen Schnitt wurde ein solcher nach derjenigen Fläche von $\infty P2$ hergestellt, welche zu den sichtbaren Zwillingslamellen senkrecht steht.

Die Färbung des Krystalls ist eine lichtblaugraue.

Im Verticalschnitt zeigt sich deutlicher Dichroismus $c = \mathfrak{a} =$ farblos, $a = \mathfrak{c} =$ himmelblau. Unter gekreuzten Nicols zeigt sich der basische Schnitt von einer grösseren Zahl von Zwillingslamellen durchzogen, welche alle senkrecht stehen auf den beiden kurzen Seiten des etwas langgezogenen Hexagons (Fig. 7). Diese Lamellen treten hell hervor, wenn sie in der Diagonalstellung zu den Nicolhauptschnitten liegen. Alle werden gleichmässig dunkel, wie die übrigen Partien des Schliffes, wenn ihre Längsrichtung einem Nicolhauptschnitte parallel steht. Man überzeugt sich hier leicht, dass nur die Zwillingslamellen das Phänomen der Zweiaxigkeit zeigen, dass dagegen alle Stellen zwischen ihnen das regelmässige einaxige Interferenzbild mit nur vereinzelten und ganz geringfügigen Störungen bieten.

Hierbei sind noch zwei verschiedene Erscheinungen auseinander zu halten: einmal die, welche durch Ueberlagerung basischer Substanz von solcher in geneigter Lage, wie sie die Zwillingslamellen bieten, hervorgerufen werden und dann die der wirklichen Zweiaxigkeit der Zwillingslamellen selbst.

Wenn man die basische Platte unter dem Gesichtsfelde im convergenten polarisirten Lichte in der zu den Zwillingslamellen senkrechten Richtung parallel verschiebt (die Lamellen, damit sie hell erscheinen, in die Diagonale der Nicolhauptschnitte gestellt), so nimmt man wahr, dass jedesmal, wenn man in eine Zwillingslamelle eintritt, die Kreuzbalken zu zwei Hyperbeln auseinander springen. Die Weite der Oeffnung ist ganz verschieden (gemessen im gewöhnlichen Lichte Winkel von 5—25°), aber die

scheinbare Axenebene liegt ohne Ausnahme normal zur Basis und in der Längsrichtung der Lamellen. Dreht man nun das Präparat, bis diese Längsrichtung in einen Nicolhauptschnitt fällt, so nimmt man in einigen Fällen das unveränderte und ungestörte einaxige Interferenzbild wahr. In anderen Lamellen aber ein elliptisch gestaltetes, mit der deutlichen Einschnürung zu Lemniscaten.

Im ersten Falle ist die Erscheinung hervorgerufen dadurch, dass über einer basischen, einaxigen Partie eine schräg gegen ihre Verticalaxe geschnittene Zwillingslamelle liegt, die selbst gleichwohl einaxig sein kann. Die Erscheinung ist also ganz analog der beim Rutil von mir näher geschilderten*). Das auf diese Weise entstehende Axenbild zeigt auch nur eine gewisse Aehnlichkeit mit einem zweiaxigen; es entstehen keine zwei getrennten vollständigen Hyperbeln, sondern nur zwei dunkle Flecken, deren Verbindungslinie in der Längsrichtung der Zwillingslamellen liegt (Fig. 8 *a*). Es gleicht die Erscheinung ganz derjenigen, wie man sie bei Anwendung einer parallel zur Verticalaxe geschnittenen einaxigen Krystallplatte oder der Viertelundulationsglimmerplatte über einem basischen Schnitt eines einaxigen Minerals zur Prüfung des Zeichens der Doppelbrechung hervorruft.

Im zweiten Falle aber, wo das einaxige Bild bei keiner Stellung der Zwillingslamellen wieder zu erhalten ist, da sind diese also thatsächlich selbst zweiaxig geworden, wie sich an den Stellen noch ganz besonders schön zeigt, wo zwei solche zweiaxige Lamellen sich kreuzen, wie das in dem folgenden Krystall zu sehen ist.

In dem Schnitte nach $\infty P2$ treten die Zwillingslamellen ganz besonders scharf hervor, und dieser liefert eigentlich erst den Beweis, dass die im basischen |Schnitte sichtbaren Streifen thatsächlich Zwillingslamellen nach R sind. Hier zeigt sich auch, dass obschon im basischen Schnitte fast nur e i n System von Lamellen erscheint, dieselben gleichwohl nach allen d r e i Flächen von R eingeschaltet vorhanden sind.

Diejenigen Zwillingslamellen, welche normal zur Ebene des Verticalschnittes liegen, also z. B. die in der Figur mit 1, 2 bezeichneten, erscheinen als nicht sehr breite, scharf begrenzte Streifen, welche gegen die Basis unter $57\frac{1}{2}^0$ geneigt sind, der Neigung von R zu $0R = 57^0\ 34'$ entsprechend. Sie sind unter gekreuzten Nicols einfarbig und zeigen eine ganz bestimmte Auslöschung, wenn ihre Längsrichtung mit dem Nicolhauptschnitte zusammenfällt.

Ausser diesen nimmt man aber in entgegengesetzter Neigung noch zahlreiche andere breitere, unter gekreuzten Nicols buntstreifig erscheinende Bänder wahr, welche mit der Basis einen Winkel von 38^0 bilden

*) Diese Zeitschr. 1883, **9**, 54.

(Fig. 7 : 3, 4, 5). Das ist die Neigung einer Polkante von R oder einer Fläche von $-\frac{1}{2}R$ zur Basis (38° 12'). Dieser Neigung muss aber die Durchschnittslinie der beiden nicht auf der Schnittfläche $\infty P2$ senkrechten Flächen von R mit dieser entsprechen. Diese Bänder gehören also Zwillingslamellen nach den anderen Flächen von R an, als die in der Basis sichtbaren. Dass sie soviel breiter und buntstreifig im polarisirten Lichte erscheinen, ist gleichfalls natürlich.

Die Längen der Durchschnittslinien der senkrecht zu $\infty P2$ gelegenen Zwillingslamellen auf dieser Schnittfläche verhalten sich zu der Länge der Durchschnittslinien der unter 60° gegen die Schnittfläche geneigten Lamellen wie 1 : 2, wie aus der Projection auf die Basis (Fig. 9) unmittelbar hervorgeht: $\alpha\beta = \frac{1}{2}\beta\gamma$. Da aber der Schnitt eine gewisse Dicke hat, die in der Figur $= \alpha\beta$ gesetzt ist, so erscheint normal zur Schnittfläche hindurchgesehen die Lamelle 2 viermal so breit, als die Lamelle 1. Ebenso gilt dieses für die Lamelle 3. Liegen also Lamellen nach beiden Flächen R, die nicht senkrecht auf der Schnittfläche stehen, in dieser neben einander, so können sie im Ganzen achtmal so breit erscheinen, als Zwillingslamellen normal zu $\infty P2$.

Während aber die Lamellen 1 die Schnittplatte in ihrer ganzen Breite mit der gleichen Dicke durchsetzen, sind die Lamellen 2 und 3 nach beiden Seiten keilförmig in derselben gestaltet. Sie wirken für die durchgehenden Lichtstrahlen wie zwei mit der Breitseite aneinander gefügte Keile und zeigen daher im polarisirten Lichte die Erscheinung bunter Farbenstreifen, von der Mitte aus nach beiden Seiten symmetrisch für die Stellen gleicher Dicke die gleichen Farben gelegen; die Durchschnitte zweier Lamellen neben einander zeigen also die doppelte Farbenfolge.

Alles das entspricht thatsächlich der im Verticalschnitte sich bietenden Erscheinung der Lamellen.

Es sind also, obwohl in dem basischen Schnitte nur die einer Fläche von R parallel eingeschalteten Lamellen sichtbar sind, doch im Krystalle solche nach allen drei Rhomboëderflächen vorhanden. Wäre der basische Schnitt nur um ein geringeres tiefer gelegt worden, z. B. durch cd, so hätte er auch andere Lamellen erreicht. Das ist überhaupt bei der Beurtheilung von anscheinend einseitig und nicht der vollen Symmetrie entsprechend auftretenden Lamellen auf den äusseren Flächen der Korundkrystalle und ebenso anderer Krystalle mit Zwillingslamellen zu beachten.

Da die Lamellen, wie aus ihrem Querschnitte in der senkrecht zu ihnen geführten Schnittfläche ersichtlich ist, grösstentheils sehr viel dünner sind, als die Dicke der Schnittplatte, so müssen also nothwendig im basischen Schnitte manchmal verschiedenartige Theile übereinander liegen, entweder basische Substanz und geneigte, oder zweierlei geneigte. So erhält man die vorhin besprochenen combinirten Interferenzbilder. Es finden sich aber

auch Stellen, welche nur aus einaxiger, basischer Substanz, und andere, welche nur aus einer Zwillingslamelle bestehen, und welche dann das einfache zweiaxige Bild zeigen. Darin zeigt sich, dass eben mit der Bildung der Zwillingslamellen eine optische Anomalie verbunden ist, welche aber nicht verschieden erscheint von der, wie sie in den einzelnen Schalen nach den Structurflächen auch ohne Zwillingsbildung eintritt.

Dass thatsächlich gekreuzte Lamellen von zweiaxigem Verhalten vorhanden sind, zeigen die schönen Interferenzbilder, wie sie die basische Platte des folgenden Korundkrystalls aufweist, auf das unzweifelhafteste. In allen Lamellen liegt die Ebene der optischen Axen normal zur Basis und parallel zur Längsrichtung der Lamellen. Sie liegt also in den Lamellen genau so, wie in den zweiaxigen Lamellen im Korund von Ceylon. Diese selbst haben aber eine andere Lage, sie sind nämlich parallel der Kante $0R : \infty P2$, während sie hier normal dazu gestellt sind, parallel den Kanten $0R : R$. In beiden Fällen aber ist der Schalenbau und sind die deutlichen Ablösungsflächen den Lamellen entsprechend, und so erscheint es kaum zweifelhaft, dass die Bildung der Zwillingslamellen ebenso von den Structurflächen abhängig ist, wie andererseits das anomale optische Verhalten vom Schalenbau. Genetisch erscheinen die drei Phänomene auf das engste verknüpft.

Die subtilsten Anzeichen des schaligen Baues, die feinen, braunen, nadelförmigen Interstitien, wie sie am Korund von Ceylon erörtert wurden, finden sich auch im Korund von Miask; aber sie liegen in diesem, entsprechend dem anderen Schalenbau, nicht parallel zu den Kanten $0R : \infty P2$, sondern senkrecht dazu, also parallel den Kanten $0R : R$. Der durch sie erzeugte Asterismus zeigt seinen Lichtstern ebenfalls, wie beim Korund von Laach, und in anderer Lage, als beim Korund von Ceylon. Der eine Lichtstrahl um die Flamme ist ganz besonders hervorleuchtend, es ist derjenige, welcher normal gerichtet ist zu den Zwillingslamellen in der basischen Platte. Jedenfalls ist der Asterismus ein Mittel, die Bedeutung der einen oder anderen Structurflächen im Inneren der Krystalle zu unterscheiden.

Dass aber thatsächlich die braunen, strichförmigen Nadeln nichts anderes sind, als mit einer braunen Substanz erfüllte Interstitien, das lässt sich an diesem Korund sicher feststellen. Es kommen solche vor, wo die färbende Substanz unterbrochen ist (Fig. 10, 1), andere, welche ausgelappte, unregelmässige Gestalten zeigen (Fig. 10, 2), endlich solche, wo deutlich der Zusammenhang mit Rissen sichtbar ist, z. B. wo eine solche Nadel allmählich sich zu einem kleinen mit Flüssigkeit erfüllten Zwischenraume erweitert (Fig. 10, 3). Endlich ist die Form einer mit beiderseitigen Abschrägung endigenden Leiste sehr oft zu erkennen, ganz so wie es die grösseren, unzweifelhaften Insterstitien im Korund von Laach zeigten (Fig. 10, 4).

Von einem etwas kleineren Krystalle von Miask kamen drei Schnitte

zur Untersuchung, nach $0R$, $\infty P2$ und R. Im Allgemeinen zeigten sie dieselben Erscheinungen.

Im basischen Schnitte zeigen sich Zwillingslamellen nach allen drei Richtungen. Vorzüglich und fast in gleicher Anzahl erscheinen Lamellen nach zwei Flächen von R, nach der dritten etwas sparsamer. Aber auch hier ist das nur in einer zufälligen Lage des Schnittes bedingt. Im Verticalschnitt, welcher senkrecht zu der Fläche R geführt ist, nach der die wenigen Lamellen erscheinen, liegen gerade diese recht zahlreich. Es scheinen überhaupt in den einzelnen Stellen eines Krystalls zwischen den beiden Polen abwechselnd bald die einen, bald die anderen Zwillingslamellen zu überwiegen.

Die beiden Systeme der Zwillingslamellen im basischen Schnitte sind so dicht gedrängt, dass sie immer nur kleine rhombenförmige oder dreieckige Felder der normalen basischen Substanz zwischen sich lassen, in denen im convergenten polarisirten Lichte ohne jede Ausnahme das einaxige Interferenzbild sichtbar wird. Die Zwillingslamellen, lebhaft bunt polarisirend, so lange ihre Längsrichtung nicht im Nicolhauptschnitte liegt, geben im parallelen Lichte ein prächtig buntes, schachbrettartiges Farbenbild. In den Kreuzstellen zweier Lamellen erscheint immer ganz besonders deutlich das Interferenzbild gekreuzter, zweiaxiger Platten (Fig. 8 *b*).

Auch in diesem Krystalle erscheinen die Ablösungsflächen nach R sehr deutlich, wenn auch oft ohne einen directen Zusammenhang mit einer Zwillingslamelle. Die Fugen sind mit rother und schwarzer Substanz bekleidet. Die braunen Nädelchen, hier zum Theil grösser und besonders deutlich als Interstitien zu erkennen, liegen parallel der Kante $0R : R$. Der Asterismus ist derselbe, wie an dem ersten Krystall.

Beide Krystalle von Korund enthalten zahlreiche grössere und kleinere Flüssigkeitseinschlüsse von sehr verschiedener Form und den in kleinen sechsseitigen Täfelchen und Zwillingen erscheinenden Glimmer. Endlich treten faserige, büschelförmig aggregirte Partien im Innern auf, welche lebhaft bunte Aggregatpolarisation geben. Die Fasern scheinen parallele und senkrechte Orientirung zu besitzen. Diese Aggregate machen den Eindruck eines fibrolithartigen Umwandlungsproductes des Korund, wie es nach den Beobachtungen von Genth*) thatsächlich häufig vorzukommen pflegt.

Korund von Madras. Aus einem rhomboëdrischen, gelblichgrau gefärbten Spaltungsstück wurde ein basischer Schnitt angefertigt. Derselbe zeigt überaus zahlreiche, sich kreuzende Zwillingslamellen. Dass auch hier die vollkommene Ablösung nach R mit einem schaligen Aufbau nach diesen Flächen zusammenhängt, zeigen deutliche und grosse Interstitien zwischen den Schalen, die mit einer opaken, schwarzen Substanz (Manganverbin-

*) Journ. für prakt. Chem. 1874, **9**; Jahresber. Chem. 1873, 1151.

dung?) erfüllt sind. Diese erscheint als lange Lamellen und dreiseitige Körper zwischen den Schalenfugen. Die Zwillingslamellen sind hier noch zahlreicher, wie in dem zweiten Krystalle von Miask. Nur sparsam ist einfach einaxige Substanz zwischen denselben vorhanden. Sehr schön zeigen sich die verschiedenen Interferenzbilder, auch aus drei gekreuzten Lamellen hervorgehend. Hier wurden nach der Oeffnung der Hyperbeln Axenwinkel bis zu 35° gemessen. Der deutliche Asterismus zeigt Lichtstrahlen normal zur Ablösung nach *R*, also parallel zu $\infty P2$.

Von einem anderen lichtblauen, ziemlich klaren und von Einschlüssen freien Krystalle von Madras konnten zwei Schnitte parallel $0R$ und $\infty P2$ erhalten werden.

Auch dieser Krystall zeigte sehr deutlich die Ablösungsflächen nach *R*. Im basischen Schnitte treten aber auch deutliche Spaltrisse nach $\infty P2$ hervor. Auch der Asterismus zeigt einen zwölfstrahligen Stern, die Strahlen normal zur Kante $0R : R$ sind die schärferen.

Sowohl im basischen als auch im Verticalschnitte zeigt sich, dass die Ablösungsflächen und -Fugen recht scharf und zahlreich auch an solchen Stellen hindurchsetzen, an denen unmittelbar keine Zwillingslamellen gelegen sind. Sehr viele deutliche Spaltlamellen zeigen ein normales, optisch einaxiges Verhalten und keine Andeutung von Zwillingslamellen, die überhaupt hier viel sparsamer auftreten. Dadurch wird wiederum der Beweis erbracht, dass die Ablösung nach *R* nicht durch die Zwillingslamellen bedingt ist.

Im Innern liegen auch in diesem Krystalle Streifen einer faserigen Substanz, die ich als ein fibrolithartiges Umwandlungsproduct ansehe. Dieselben ähneln im polarisirten Lichte, wo sie hell erscheinen, den Zwillingslamellen, sind aber nicht scharf und geradlinig begrenzt wie diese und geben zudem Aggregatpolarisation.

Einen sehr schönen basischen Schliff lieferte endlich ein rother Korund (Rubin) von Madras. Derselbe zeigt in ganz besonders ausgezeichneter Weise die Ablösung nach *R*, so dass er von zahllosen Rissen durchzogen ist, die nach allen drei Rhomboëderflächen gleichmässig vorhanden, stets gleichseitig dreieckige Spaltstücke einschliessen. Trotz der zahlreichen Spaltrisse sind die Zwillingsstreifen nur selten und nur sehr schmal. Aber sie liegen ebenfalls nach allen drei Richtungen in der Basis, so dass man an einer Stelle drei in einem Punkte sich kreuzende Lamellen wahrnehmen kann. Nur in den schmalen Zwillingsstreifen zeigen sich die Störungen der einaxigen Interferenzbilder und die zweiaxigen Bilder. Sonst ist überall deutlich das ungestörte einaxige Bild zu sehen.

Dieser Rubin zeigt keinen Dichroismus. Er ist vollgespickt mit undurchsichtigen und rostfarbigen Partikeln auf den Interstitien und umschliesst viele kleine, lebhaft polarisirende Körnchen, die ich für Zirkon zu halten geneigt bin.

Korund von Pegu. Ein kleiner, schön rother Rubinkrystall lieferte eine basische Platte, welche ganz besonders schön die Zwillingslamellen nach drei Richtungen aufweist (Fig. 11). Kein anderes Präparat zeigt die verschiedenen Interferenzbilder und vornehmlich die durch Kreuzung von zwei und drei Lamellen hervorgehenden combinirten Bilder so deutlich wie diese Platte. In den Bildern der gekreuzten Lamellen tritt die optische Zweiaxigkeit der einzelnen Lamellen immer hervor. Man erkennt die beiden oder alle drei Lemniscatensysteme und Hyperbelstücke (Fig. 8 *b* und *c*). Die an diesen gemessenen scheinbaren Winkel der optischen Axen variiren zwischen 10^0 und 40^0. Von einem anderen rothen Spaltungsstücke, ebenfalls von Pegu, wurde ein zweiter Schnitt hergestellt, der jedoch nicht vollkommen parallel zur Basis liegt. Hier steht die vollkommene Spaltbarkeit nach R mit der Anwesenheit zahlreicher, nach allen drei Richtungen eingelagerten Zwillingslamellen in vollkommenem Einklange. Trotz der intensiven Färbung zeigt auch dieser Rubin keinen Pleochroismus.

Korund von Buncombe Co., Nord-Carolina. Ein grosses Krystallbruchstück, welches die Sammlung des Bonner mineralogischen Museums besitzt, ist durch eine ganz besonders schön tiefblaue Farbe und eine so vollkommene Spaltbarkeit nach R ausgezeichnet, dass die drei Rhomboëderflächen an der einen Seite ganz vollständig herausgelöst werden konnten. Auf zweien dieser Rhomboëderflächen zeigt sich eine sehr feine, regelmässig gekreuzte Streifung parallel den beiden Kanten des Rhomboëders, die dritte Fläche dagegen ist vollkommen frei von dieser Streifung und zeigt auch eine andere, durch Abblättern dünner, ebenflächiger Lamellen sich äussernde Ablösung. Auf dieser Fläche verläuft eine weisse zonale Streifung mit blauen Lagen abwechselnd (Fig. 13). Diese Streifung liegt unsymmetrisch zu den beiden Polkanten der Rhomboëderfläche, weder parallel den Kanten, noch parallel der horizontalen Flächendiagonale. Die Erklärung hierfür liegt darin, dass in dem anscheinend einfachen Spaltungsstücke zwei Individuen in Zwillingslage nach R fast vollkommen penetrirt sind. Das eine kleinere Individuum ist auf einer der gestreiften Flächen von R, etwas herausragend, sichtbar. Es zeigt hier seine gegen die Verticalaxe des Hauptindividuums unter $25^0\ 8'$ geneigte Basis, welche mit der Fläche R, die Zwillingsebene ist, einen Winkel von $57^0\ 34'$ bildet (Fig. 12).

Dieses zweite kleinere Individuum zeigt eine abweichende Gestalt, es ist begrenzt von den Flächen $\infty P2$ und $0R$. Parallel zu diesen tritt ein deutlich schalenförmiger Bau hervor. Um einen gelblichweissen Kern legen sich blaue Schalen mit weissen abwechselnd herum. Die Absonderung nach der Basis, welche an dem grösseren Krystalle nicht wahrzunehmen ist, erscheint an dem kleineren sehr deutlich.

Das kleinere Individuum setzt, sich unregelmässig verlängernd, durch das grössere hindurch. Auf der *R*-Fläche des Hauptindividuums, welche Zwillingsebene ist, erscheint die zonale weisse Streifung, der Hauptaxe des kleineren Zwillingsindividuums parallel liegend, hierdurch in einer Lage, die um $25^0\ 8'$ von der horizontalen Diagonale der Rhomboëderfläche des Hauptindividuums abweicht. Eine Vergleichung der beiden Figuren 12 und 13, wovon die eine die regelmässige Zwillingsverwachsung zweier Individuen nach einer Fläche von *R*, die andere die Lage des kleineren Zwillingskrystalls und der unsymmetrischen Streifung auf der Fläche *R* des Spaltungsstückes darstellt, macht die Erscheinung verständlich. Auf den ersten Blick hat die unsymmetrische Lage der weissen Streifen auf *R* etwas sehr befremdendes.

In den beiden in dieser Weise in Zwillingsstellung verwachsenen Krystallen sind also die beiden Structurverschiedenheiten, wie sie im Vorhergehenden meist gesondert an den Krystallen sich gezeigt haben, gewissermassen zu einem Ganzen vereinigt.

Auf der Basis des eingeschalteten Individuums, das in seiner Structur dem Krystalle von Ceylon gleicht, sind keine Zwillingslamellen sichtbar. Ein Schnitt, der so gelegt ist, dass er Theile beider Individuen getroffen hat (er ist dadurch nicht in eine günstige Lage zur Beobachtung der Interferenzbilder gekommen), zeigt ferner, dass auch die durch die farbigen Unterschiede besonders hervortretenden blauen und weissen Zonen parallel $\infty P2$ keine abweichende optische Orientirung haben, also keine Zwillingslamellen sind, während dieselben in der nach *R* deutlich spaltbaren Hälfte überaus zahlreich und häufig in der gleichen Beschaffenheit eingeschaltet liegen, wie in den Krystallen von Miask und Madras.

Das Bild der Platte unter gekreuzten Nicols im parallelen polarisirten Lichte bietet durch die doppelten Farbenstreifungen eine überaus bunte, lebhafte, carrirte Färbung, sog. schottisch carrirten Stoffen ganz ähnlich. Aber alle blauen und weissen Streifen löschen gleichzeitig aus, wenn die Längsrichtung derselben parallel gestellt ist einem Nicolhauptschnitte und die rechts und links dagegen geneigt liegenden Systeme von Zwillingslamellen dann bunt polarisiren. Diese hinwieder löschen aus, wenn ihre Längsrichtung in einen Nicolhauptschnitt fällt.

So wie dieser Korund die intensivste blaue Färbung von allen untersuchten Vorkommen zeigt, so auch den stärksten Dichroismus: $\mathfrak{a}$ = schwach lichtbläulich, $\mathfrak{c}$ = tief himmelblau.

Korund von Sta Maria bei Mozzo in Piemont. Gelbgrauer, matter und undurchsichtiger Krystall des bekannten Vorkommens aus Feldspath, zeigt die Combination $\infty P2 \,.\, 0R$. Makroskopisch sieht man die den äusseren Contouren parallelen Zonen eines schaligen Baues, gleichzeitig aber auch Zwillingsstreifung nach *R* auf der Basis. Eine Ablösung nach

dieser Fläche ist ziemlich deutlich. Im Dünnschliffe treten Risse sowohl nach $\infty P2$ als auch nach R hervor, letztere etwas mehr markirt. Trotz der Dünne des Schliffes ist derselbe noch fast vollkommen opak geblieben. Dennoch lassen sich an einigen kleinen helleren Stellen sowohl das einaxige Bild als auch Andeutungen bunter Zwillingsstreifen mit zweiaxigem Interferenzbild wahrnehmen.

Fasst man nun die an den verschiedenen Krystallen gemachten Beobachtungen zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

Der Korund ist unzweifelhaft ein optisch einaxiges und hexagonal krystallisirendes Mineral. In allen Korundkrystallen ohne Ausnahme sind die optisch einaxigen Theile die normalen und einfachen.

Störungen im regelmässigen optischen Verhalten hängen von der Art des Wachsthums und der Structur der Korundkrystalle ab.

Die in vulkanischen Gesteinen vorkommenden Korundkrystalle scheinen im Allgemeinen einen gleichmässigeren Bau und ein regelmässigeres optisches Verhalten zu besitzen, wie die in älteren krystallinischen Gesteinen gefundenen.

Durchweg scheinen die optischen Störungen mit den mehr oder weniger deutlich ausgebildeten Structurflächen parallel R, $\infty P2$ und $0R$ zusammenzuhängen. Der schalige Bau nach der einen oder anderen dieser Flächen bedingt die Spaltbarkeit oder Ablösung, welche entweder nach R allein, nach R und $0R$, nach $\infty P2$ und $0R$ oder auch nach allen drei Flächen zugleich mehr oder weniger vollkommen zur Ausbildung kommt.

Diese Spaltbarkeit hängt nicht von den vorhandenen Zwillingslamellen, sondern diese im Gegentheil von dem Vorhandensein der die Spaltbarkeit bedingenden Structurflächen ab. Aber beide erscheinen fast immer gleichzeitig. Structur- und Zwillingsflächen sind eben hier identisch*). Nach $\infty P2$, weil Symmetrieebene, ist eine Zwillingsbildung nicht möglich, nach $0R$ ist sie an Krystallen äusserlich nicht bekannt und optisch nicht nachzuweisen.

Die optischen Störungen in den von Structurflächen begrenzten, zonal angeordneten Lamellen sind aber zweierlei Art:

1) Optische Störung wird bewirkt durch Spannungen in einzelnen Schalen der zonal gebauten Krystalle, sowohl wenn die Schalen parallel R, als wenn sie parallel $\infty P2$ liegen. Die Compression scheint stets zur

*) Vergl. Mügge, l. c. S. 54. Ob beim Korund, wie etwa beim Calcit, künstliche Zwillingsbildung zu erzeugen ist, darüber haben mir bisher angestellte Versuche kein Resultat ergeben: sie sind negativ verlaufen. Dass aber beim Calcit mit der Zwillingslamellirung nach $-\frac{1}{2}R$ auch optische Anomalien, Zweiaxigkeit der Lamellen verbunden ist, wie ich aus Beobachtung erfahren, ist ein weiterer Beweis für die Identität der Erscheinungen und Vorgänge, die sie herbeiführen.

Längsrichtung der Schalen normal und zugleich in horizontaler Richtung (also in der Basis) zu erfolgen. Daher die scheinbare Zweiaxigkeit immer so eintritt, dass die Ebene der optischen Axen parallel gestellt ist der Längsrichtung der Lamellen in der Basis, gleichviel ob die Lamellen krystallographisch parallel oder geneigt zum Hauptkrystall orientirt sind.

2) Optische Störung tritt ein in Folge eingeschalteter Zwillingslamellen, entweder indem dieselben, ohne selbst erheblich optisch deformirt zu sein, über basischen Theilen liegen oder sich unter einander kreuzen, oder aber indem sie zugleich selbst in Folge ganz gleicher Vorgänge wie sie unter 1) angeführt sind, mehr oder weniger bedeutende Differenzen der sonst gleichen Elasticitätsrichtungen und damit optische Zweiaxigkeit aufweisen. Die Grösse des Winkels der optischen Axen ist sehr variabel und kein constanter Werth. Anscheinend sehr grosse Oeffnung der Hyperbelarme ist durch Kreuzung zweiaxiger Zwillingslamellen bedingt.

Optische Störungen treten endlich in Korundkrystallen auch auf in Folge von Umwandlungsvorgängen, welche körnige, blätterige oder faserige Producte im Innern der Krystalle erzeugen. Dann aber zeigt sich stets nur die Polarisationserscheinung eines Aggregates und keine regelmässigen Interferenzbilder.

Fig. 1.

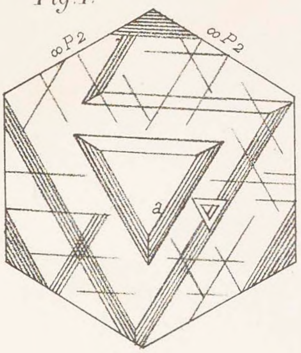


Fig. 2.

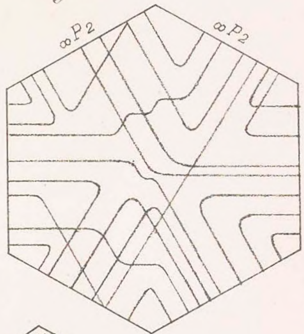


Fig. 3.

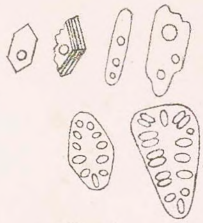


Fig. 4.

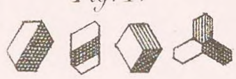
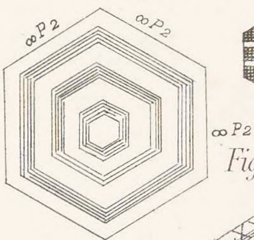


Fig. 8.





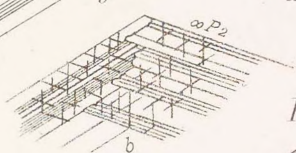


Fig. 5.

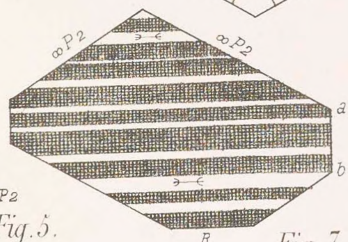




Fig. 7.

Fig. 6.

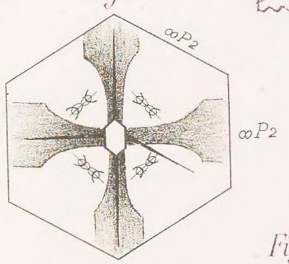


Fig. 9.

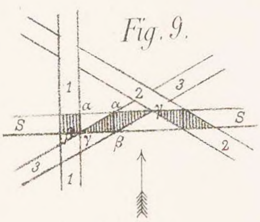


Fig. 10.

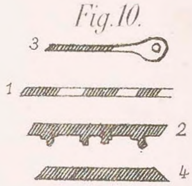


Fig. 13.

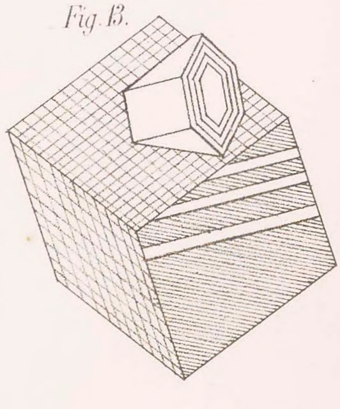


Fig. 12.

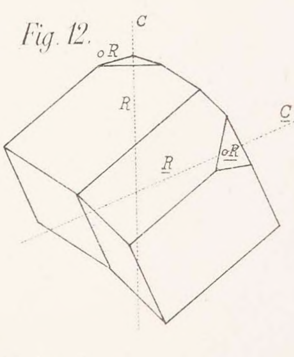


Fig. 11.

